

# *Pesquisas em Geociências*

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

---

## **A Controvérsia Geológica de Kariba (Zambia)**

*Flávio Koff Coulon*

*Pesquisas em Geociências*, 14 (14): 37-40, set./dez., 1981.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21732>

---

Publicado por

**Instituto de Geociências**

---



**Portal de Periódicos**  
**UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

---

## **Informações Adicionais**

**Email:** [pesquisas@ufrgs.br](mailto:pesquisas@ufrgs.br)

**Políticas:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

**Submissão:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

**Diretrizes:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

---

Data de publicação - set./dez., 1981.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

## A CONTROVÉRSIA GEOLÓGICA DE KARIBA (ZAMBIA)

Flavio Koff Coulon\*

### SINOPSE

A descrição pouco cuidadosa dos testemunhos de sondagem do furo nº 4 que atravessou o local onde foi escavada a casa de máquinas da Barragem de Kariba (Zambia) teve consequências desastrosas tanto para a obra em si como para todos os envolvidos em sua construção.

### ABSTRACT

This is the story about the seriously conflicting views of the various eminent geologists on the rocks conditions encountered at Kariba Dam (Zambia) and more particularly about the log borehole nº 4, the only which passed through the final location of the machine hall.

### 1 – INTRODUÇÃO

A construção da casa de máquinas subterrânea da Barragem de Kariba, na Zambia, é um romance com mortes, falência, prejuízos, disputas judiciais e extra-judiciais entre seguradoras, que teve como elemento-chave nada mais do que os modestos testemunhos de um furo de sondagem e como elementos-acessórios, o contratante – Kariba North Bank Company (KNBC), o projetista – Sir Alexandre Gibb & Partners e o empreiteiro – Mitchell Construction Kinnear Moodle e suas respectivas companhias seguradoras.

Vale a publicação dessa estória quase inacreditável para que estudiosos e estudantes de geologia e geotecnia, ao dela tomarem conhecimento e sobre ela meditarem, tomem consciência da fundamental importância que deve sempre ser atribuída às informações geológicas disponíveis bem como dos desdobramentos inimagináveis que essas informações podem gerar quando não tratadas com a devida atenção.

### 2 – OS FATOS

Toda a disputa em Kariba, que durou cerca de 8 anos, foi centrada na discussão a respeito da natureza da rocha existente no local da casa de máquinas, na ombreira direita da barragem, onde três operários morreram devido a desabamentos de rochas; esses, ao se tornarem progressivamente mais perigosos, forçaram a suspensão das obras para re-estudo do projeto original.

A discussão se concentrou no Relatório das Investigações Geológicas apresentado pela Gibb, em 1961, e, mais particularmente, no perfil do furo de sondagem nº 4, o único que atravessou o local escolhido para a caverna de implantação da casa de máquinas.

São afirmações desse relatório:

*“A finalidade dos trabalhos exploratórios foi investigar e reconhecer a natureza e as propriedades da rocha na Margem Norte do Zambezi, na área proposta para os trabalhos da segunda fase da barragem, em particular localizar o nível da rocha sã e descobrir quaisquer falhas estruturais na mesma, definindo suas características.”*

*“Os trabalhos da segunda fase se desenvolverão em rocha sã e satisfatória.”*

*“As escavações subterrâneas, exceto nos embiques dos túneis, desenvolver-se-ão em gnaissesão.”*

As razões porque foi feito apenas um furo de sondagem com 129 metros de profundidade na casa de máquinas não estão explicitadas no Relatório. Apenas como especulação, poder-se-á imaginar que a certeza da Gibb quanto às características do “gnaisse são” era tão grande que teria dispensado maiores cuidados e gastos com o local. Isso parece ser corroborado pelo fato dela haver projetado uma abóboda nua na forma de um arco estendido com um vão de 36 metros, sem qualquer previsão de tratamento estabilizante.

\*Geólogo, professor da UFRGS e consultor da Tecnosolo. Trabalho recebido para publicação em 07/10/80.



O perfil do furo nº 4, onde figurava o “gnaisse são”, foi incluído nos documentos de concorrência sendo, evidentemente, elemento-base tanto na concepção do projeto como na proposição de execução da obra.

Baseado no Relatório de 1961 e no tipo de abóboda projetada, Mitchell estruturou sua proposta de preços prevendo operações de escavação em alta velocidade, praticamente sem necessidade de utilização de chumbadores e dentro de uma sequência pré-estabelecida em termos econômico-financeiros.

Vencida a concorrência, foi assinado o contrato que apresentava uma ressalva muito pouco comum: “em relação às informações dos furos de sondagem, o contratante assegura a sua efetiva exatidão sendo que a hipótese delas virem a se revelar inexatas ou insuficientes deverá ser considerada como uma possibilidade que um empreiteiro experiente não pode ignorar”...

Iniciados os trabalhos, tudo ocorreu bem nos primeiros 30 metros de escavação mas, a partir desse ponto, em setembro de 1971, começaram a ocorrer desabamentos de rocha que foram se tornando progressivamente mais críticos, mesmo após um programa de tratamento acertado mutuamente entre projetista e empreiteiro, até que tiveram que ser suspensos temporariamente em março de 1972.

Nas discussões posteriores sobre a quem cabia a culpa e como seria completada a escavação passaram a ser alvo de pesadas críticas tanto o Relatório de Investigações Geológicas da Gibb como os relatórios e as recomendações adicionais de seu Geólogo Consultor, Dr. Louis Dubertret que, por exemplo, em novembro de 1971, reportava, entre outras coisas:

*“A excelente qualidade da rocha da Margem Norte é conhecida através de trabalhos exploratórios executados ao longo de vários anos. O biotita gnaisse, de um modo geral, está fortemente granitizado, formando uma rocha bastante compacta. Prova disso é a visão profundamente impressionante da grande abóboda livre da casa de máquinas, com 25 metros de altura e cerca de 100 metros de comprimento sem sobrecaimentos expressivos. Pode-se postular que a rocha é de uma qualidade excepcionalmente boa, exceto em alguns locais onde mostra uma tendência à exfoliação.”*

*“Está fora de qualquer dúvida que foi assumido um certo risco ao ser mantido, pelo empreiteiro, um chumbamento tão insuficiente.”*

Durante estas discussões se ficou sabendo que, já em junho de 1971, o Dr. G.D. Matheson, do Serviço Geológico da Zâmbia, chamara a atenção para os problemas de instabilidade potencial do complexo de Kariba ao mapear a geologia de suas rochas cristalinas após acidentes fatais que ocorreram na vizinhança Hidrelétrica da Garganta de Kafue.

Nesse relatório, além de prevenir sobre a presença de bandas de biotita-xistos e recomendar pa-

ra Kariba um mapeamento estrutural bem detalhado e sondagens-piloto à frente das escavações, Matheson escrevia:

*“Todo o Projeto da Margem Norte localiza-se sobre rochas do embasamento cristalino complexamente dobradas e altamente metamorfisadas.”*

*“Bandas de biotita-xistos e horizontes de anfíbolitos são comuns.”*

*“Em níveis subterrâneos, faixas de biotita-xisto são comuns e variam de poucos centímetros até alguns metros de largura. Do ponto de vista da combinação intemperismo-percolação água-estabilidade, esses tipos de rochas são, potencialmente, as mais perigosas na área do projeto.”*

*“O padrão de afloramentos em superfície e as exposições subterrâneas indicam que tais tipo de rochas (biotita-xistos) devem ser previstos em todos os trabalhos de escavação.”*

Por razões até hoje desconhecidas, esse relatório foi submetido à apreciação da KNBC e da Gibb, mas não da Mitchell...

Somente em maio de 1972, quando Matheson, Vrana e Keppie, do SGZ, confirmaram que os biotita-xistos eram os principais responsáveis pelos acidentes na casa de máquinas de Kariba é que Mitchell obteve uma cópia do relatório original...

São afirmações de Matheson, Vrana e Keppie: *“Os desabamentos de rocha na frente NW da casa de máquinas são resultantes da presença de um conjunto muito desenvolvido de juntas fortemente mergulhantes... Estas juntas cortam um ‘augen-gneiss’ aparentemente destituído de bandas de biotita-xistos ao nível da abóboda... Contudo, rochas similares e um sistema de juntas semelhantes, agora com numerosas faixas de biotita-xistos, apareceram em número expressivo nas escavações...”*

*“Onde os horizontes xistosos ou as bandas estão localizadas na abóboda ou acima dela, o perigo de desabamentos de rocha é potencialmente grande... A situação se torna consideravelmente mais séria pela presença de dobras recumbentes. A ocorrência desse quadro na abóboda da casa de máquinas resultou no maior desabamento de rocha ocorrido até agora.”*

Apesar dessas considerações, relatórios posteriores do Dr. Dubertret confirmavam a “excepcional qualidade” da rocha e criticavam o tratamento inadequado do maciço rochoso instável, conforme podem atestar algumas de suas afirmações em relatório reservado enviado para o Dr. Paul Back, sócio da Gibb, em 1972:

*“O desabamento da rocha foi causado, principalmente, pela ausência de um adequado tratamento após a limpeza e por detonações demasiadamente fortes na periferia. Mas, a presença de grandes juntas verticais paralelas ao eixo da escavação provavelmente também teve influência.”*

*“A rocha é, em qualquer ponto, perfeitamente sã. O fraturamento poderia ser previsto mas não o*



seu desenvolvimento caprichoso e localmente muito intenso, a exigir um tratamento imediato e extensivo."

A respeito do furo nº 4:

*"Até o fundo do furo, a 429 pés de profundidade, temos um gnaissse perfeitamente são, como indicado no Relatório de Kariba, de 1961."*

Com base nessa documentação, a Gibb encaminhou à KNBC uma carta onde censurava os métodos de trabalho da Mitchell e advertia que a empreiteira deveria ter capacidade para superar as dificuldades existentes, não fazendo jus a qualquer pagamento adicional.

Nessa época, a fim de atender problemas de fluxo de caixa da Mitchell, a KNBC autorizou adiantamentos de faturamento mas não entrou em acordo em relação a aumentos de preços nos trabalhos de escavação da caverna.

Com os trabalhos paralizados pela Inspeção de Minas da Zâmbia, a Mitchell chamou, em julho de 1972, mais dois geólogos ingleses para consultoria, após haver reiterado oficialmente a certeza de seu corpo técnico de que o furo de sondagem que atravessava a abóboda da casa de máquinas seguramente revelava a presença de biotita-xistos e que esse fato relevante não era indicado no perfil constante dos documentos de concorrência.

São trechos dos relatórios do Prof. J.G.C. Anderson, da Universidade de Cardiff:

*"As descrições dos testemunhos são factualmente incorretas ao não fazerem referências ao biotita-xistos... Os perfis do furo são igualmente enganadores ao omitirem qualquer referência às juntas."*

*"Um reconhecimento prévio da natureza das rochas e das estruturas poderia ter capacitado o empreiteiro a programar o chumbamento da rocha de modo a torná-lo mais efetivo inserindo, nos pontos críticos, chumbadores de comprimentos apropriados às condições geológicas."*

E, do relatório do Prof. R.M. Schakleton, da Universidade de Leeds:

*"O Relatório de 1961 é tendencioso pela repetição, enganador por omissão e conscientemente incorreto. Os erros e as omissões não são fortuitos mais deliberadamente conferiram à rocha condições melhores do que as efetivamente existentes. Os registros do furo nº 4 são inexatos."*

Em vista dos termos dessas críticas, a KNBC resolveu contratar imediatamente uma junta de consultores independentes para esclarecer a controvérsia.

A junta, presidida por John Edney, advogado e engenheiro inglês, e composta pelos especialistas em Mecânica das Rochas, Dr. Charles Jaeger e Dr. John Knill, indicados por Mitchell e Gibb, respectivamente, decidiu por unanimidade que os perfis de sondagem não eram exatos e que, baseado neles, as condições desfavoráveis da rocha na casa de máquinas não poderiam ser racionalmente previstas. A

Junta criticou ainda o arco estendido projetado pela Gibb e recomendou mudanças no projeto a fim de permitir a conclusão da escavação.

São passagens do relatório da Junta:

*"Dois fatores geológicos contribuíram para a ocorrência dos desabamentos de rocha. Primeiramente, a foliação sub-horizontal confere à rocha um defeito estrutural potencial e, em segundo lugar, a existência de camadas contínuas de biotita-xisto, essencialmente paralelas a essa foliação, proporcionou um elemento de fraqueza na estrutura da rocha."*

*"Está perfeitamente evidenciado nos vários relatórios que existem variações geológicas importantes não registradas factualmente nas descrições do furo de sondagem nº 4. De modo particular, não existe dúvida quanto à presença de bandas de biotita-xisto nos testemunhos desse furo."*

A partir desse documento e com a Gibb acautando as implicações contratuais decorrentes, iniciaram-se as negociações para revisão de preços e de cronogramas no contrato da Mitchell que, nesse interim, havia reiniciado e concluído a escavação da abóboda, estabilizando-a com concreto projetado.

Como as negociações não conseguiram chegar a um acordo final, em 31 de janeiro de 1973 foi rescindido o contrato com a Mitchell que, imediatamente, entrou em processo de falência.

Em maio de 1973 foi contratada a Energo-projekt para completar a obra, o que o fez dentro do projeto original da Gibb mas aproveitando toda a abóboda da casa de máquinas tratada previamente pela Mitchell.

Dessa época em diante, as respectivas seguradoras de empreiteiro, projetista e contratante passaram a dominar as discussões que somente se encerraram em maio de 1980 com um acordo extrajudicial que, pelo que se sabe, beneficiou com indenização a KNBC e a massa falida da Mitchell.

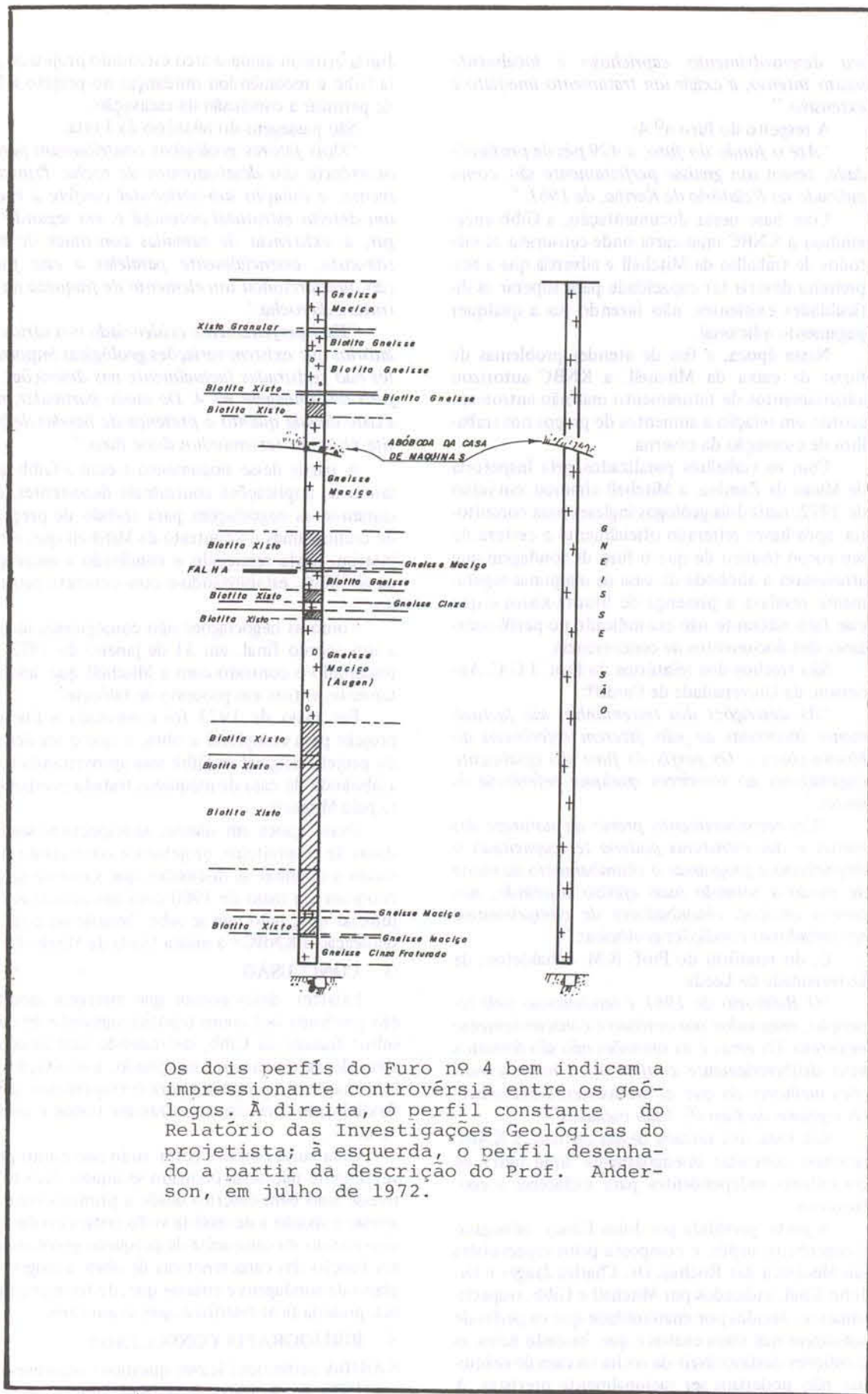
### 3 – CONCLUSÃO

Existem vários pontos que merecem meditação profunda tais como o posicionamento do consultor francês da Gibb, defendendo suas posições além do racionalmente imaginado, a ocultação de informação do projetista para o empreiteiro, a inflexibilidade com que a contratante tratou o assunto etc.

Uma coisa porém é certa: tudo isso muito provavelmente não teria ocorrido se aquele furo nº 4 tivesse sido bem descrito desde a primeira vez e se tivesse existido a necessária visão crítica no dimensionamento da campanha de pesquisas geotécnicas, em função das características da obra, a exigir um plano de sondagens e ensaios que, de forma nenhuma, poderia ficar restrito a apenas um furo.

### 4 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

KARIBA settlement leaves questions unanswered. 1980. *World Water*, Liverpool, June.



Os dois perfis do Furo nº 4 bem indicam a impressionante controvérsia entre os geólogos. À direita, o perfil constante do Relatório das Investigações Geológicas do projetista; à esquerda, o perfil desenhado a partir da descrição do Prof. Anderson, em julho de 1972.